МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Горай Ілля Олександрович

УДК 636.92:631.363

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Механізація виробничих процесів ферми вирощування кролів з модернізацією прес-гранулятора для кормоцеху

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Горай І.О.

Керівник роботи
Дерев’янко Д.А.
доктор технічних наук, професор

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Горай Ілля Олександрович. Механізація виробничих процесів ферми вирощування кролів з модернізацією прес-гранулятора для кормоцеху. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання механізації виробничих процесів ферми з вирощування кролів з модернізацією прес-гранулятора для кормоцеху. Проаналізовано сучасний стан галузі кролівництва у світі та в Україні, визначено основні проблеми й перспективи її розвитку. Обґрунтовано необхідність підвищення рівня механізації та автоматизації технологічних процесів на кролівницьких фермах. Особливу увагу приділено процесу приготування повнораціонних гранульованих комбікормів, які забезпечують раціональну годівлю тварин і зменшують втрати корму. У роботі розглянуто технологічну схему кормоцеху, виконано розрахунок потреби ферми у гранульованих кормах та підібрано основне обладнання. Запропоновано модернізацію прес-гранулятора шляхом удосконалення матриці для отримання гранул оптимального діаметра для годівлі кролів. Проведено техніко-економічне обґрунтування проектних рішень і визначено їх практичну доцільність. Результати роботи можуть бути використані під час проектування, реконструкції або технічного переоснащення кролівницьких ферм.

Ключові слова: кролівництво, механізація, кормоцех, прес-гранулятор, гранульований комбікорм, модернізація.

ANNOTATION

Ilya Oleksandrovych Goray. Mechanisation of production processes at a rabbit farm, including the modernisation of the pellet mill for the feed production unit. *– Qualification work on the rights of the manuscript*.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis examines the mechanisation of production processes on a rabbit farm, including the modernisation of the pellet mill in the feed production unit. It analyses the current state of the rabbit farming industry worldwide and in Ukraine, and identifies the main challenges and prospects for its development. The need to increase the level of mechanisation and automation of technological processes on rabbit farms is substantiated. Particular attention is paid to the process of preparing complete pelletised compound feeds, which ensure rational animal feeding and reduce feed wastage. The thesis examines the process flow diagram of the feed production facility, calculates the farm’s requirements for pelletised feeds, and selects the main equipment. A modernisation of the pelletiser is proposed by improving the die to produce pellets of the optimal diameter for feeding rabbits. A technical and economic justification of the design solutions has been carried out, and their practical feasibility has been determined. The results of this study can be utilised during the design, reconstruction or technical re-equipment of rabbit farms.

Keywords: rabbit farming, mechanisation, feed mill, pelletiser, pelletised compound feed, modernisation.

ЗМІСТ

ВСТУП……..……...…..……5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ГАЛУЗІ КРОЛІВНИЦТВА……9
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ТА КОНСТРУКТОРСЬКЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОРМОЦЕХУ ФЕРМИ З ВИРОЩУВАННЯ КРОЛІВ…….……21
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ…….36
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…….……41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖРЕЛ……43

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Кролівництво є одним із перспективних напрямів тваринництва, що має важливе значення для забезпечення населення високоякісною дієтичною продукцією. М’ясо кролів характеризується високим вмістом повноцінного білка, низькою жирністю, доброю засвоюваністю та цінними харчовими властивостями. Завдяки високій плодючості, скоростиглості та відносно невеликим витратам кормів на одиницю приросту живої маси кролі можуть ефективно вирощуватися як у дрібних господарствах, так і на спеціалізованих фермах промислового типу.

Водночас розвиток кролівництва в Україні стримується низкою організаційних, технологічних і технічних проблем. Значна частина продукції виробляється у приватному секторі, де переважає ручна праця, недостатньо використовуються сучасні засоби механізації, автоматизації та контролю виробничих процесів. Особливо трудомісткими залишаються операції, пов’язані з приготуванням кормів, їх роздаванням, напуванням тварин, прибиранням гною, підтриманням оптимального мікроклімату та ветеринарно-санітарним обслуговуванням. У зв’язку з цим підвищення рівня механізації виробничих процесів на кролівницьких фермах є важливою умовою зниження собівартості продукції, підвищення продуктивності праці та забезпечення стабільної якості вирощування тварин.

Одним із ключових чинників ефективного вирощування кролів є повноцінна годівля. Витрати на корми займають значну частку у структурі собівартості продукції кролівництва, тому раціональна організація кормоприготування має першочергове значення. Найбільш доцільним для інтенсивного вирощування кролів є використання повнораціонних гранульованих комбікормів, які забезпечують рівномірне надходження поживних речовин, зменшують втрати корму, поліпшують його поїдання та спрощують механізовану роздачу. Саме тому наявність ефективного кормоцеху

з продуктивним і надійним прес-гранулятором є важливою передумовою стабільної роботи кролівницької ферми.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає у необхідності удосконалення механізації виробничих процесів ферми з вирощування кролів шляхом модернізації обладнання для приготування гранульованих кормів. Особливе значення має модернізація прес-гранулятора, оскільки якість гранул безпосередньо впливає на ефективність годівлі, стан здоров'я тварин, прирости живої маси та загальні економічні показники виробництва. Використання гранул оптимального діаметра для кролів дозволяє підвищити технологічність процесу годівлі та забезпечити краще використання кормових ресурсів.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності виробничих процесів на фермі з вирощування кролів шляхом обґрунтування технологічних рішень з механізації кормоприготування та модернізації прес-гранулятора для кормоцеху.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– проаналізувати сучасний стан галузі кролівництва у світі та в Україні;

– розглянути рівень механізації, автоматизації та можливості роботизації окремих виробничих процесів на кролівницьких фермах;

– обґрунтувати доцільність використання повнораціонних гранульованих комбікормів для годівлі кролів;

– розробити технологічну схему приготування кормових сумішей і гранул у кормоцеху;

– виконати розрахунок потреби ферми у гранульованих кормах та підібрати необхідне технологічне обладнання;

– запропонувати модернізацію прес-гранулятора з урахуванням вимог до якості кормових гранул для кролів;

– провести техніко-економічне обґрунтування запропонованих проектних рішень.

Об’єктом дослідження є виробничі процеси на фермі з вирощування кролів, зокрема процеси приготування та використання гранульованих комбікормів.

Предметом дослідження є технологічні та конструктивні рішення, спрямовані на підвищення ефективності роботи кормоцеху та модернізацію прес-гранулятора.

У процесі виконання кваліфікаційної роботи використано методи аналізу літературних і статистичних джерел, порівняння технологічних схем, інженерних розрахунків, техніко-економічного оцінювання, а також методи узагальнення виробничого досвіду у галузі кролівництва.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Боровський В.М., Мельниченко Н.В., Мельнічук Є.О., Горай І.О. Перспективи використання штучного інтелекту для автоматизації тваринницьких ферм. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/borovskyj_26-2.pdf

2. Деревянко Д.А. Горай І.О. Обґрунтування складу концентрованих кормосумішей для годівлі кролів. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 183-185.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованих рішень під час проектування, реконструкції або технічного переоснащення кролівницьких ферм. Модернізація прес-гранулятора дає змогу одержувати гранули, придатні для годівлі кролів, зменшити залежність господарства від закупівлі готових комбікормів, ефективніше використовувати місцеву кормову сировину та підвищити продуктивність праці в кормоцеху.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 28 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 45 сторінок комп’ютерного тексту, містить 12 рисунків, 10 таблиць та 3 додатки.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СТАНУ ГАЛУЗІ КРОЛІВНИЦТВА

1.1. Значення кролівництва як напряму тваринництва

Кролівництво належить до тих галузей тваринництва, які можуть швидко нарощувати виробництво високобілкової продукції за порівняно невеликої потреби у площах, капітальних спорудах і трудових ресурсах. Біологічні особливості кролів – рання статева зрілість, висока плодючість, короткий виробничий цикл і добра оплата корму приростом – створюють передумови для організації як малих сімейних ферм, так і спеціалізованих промислових комплексів. Для України цей напрям має додаткове значення, оскільки може розвиватися на базі місцевої кормової сировини, а також забезпечувати населення дієтичним м’ясом у регіонах, де великі тваринницькі комплекси потребують значно більших інвестицій.

У структурі світового ринку м’яса частка кролятини є невеликою порівняно з курятиною, свининою чи яловичиною. Проте саме нішевість галузі формує її переваги: менша конкуренція з боку великих м’ясних підгалузей, можливість виробництва продукції з підвищеною доданою вартістю, використання локальних каналів збуту, переробка тушок на фасовані напівфабрикати, ковбасні та кулінарні вироби. У сучасних умовах важливим стає не лише збільшення поголів’я, а й стабілізація технології годівлі, покращення мікроклімату, зниження трудомісткості операцій та забезпечення санітарної безпеки виробництва.

З позицій теми кваліфікаційної роботи найбільш важливою є кормова складова. У кролівництві витрати на корми займають значну частину собівартості, а якість раціону безпосередньо впливає на збереженість молодняка, темпи росту, репродуктивні показники та якість м’яса. Саме тому в промислових системах перевага надається повнораціонним гранульованим комбікормам, які рівномірно містять поживні речовини, мінеральні добавки й вітаміни, зручні для транспортування та автоматизованої роздачі.

Удосконалення прес-гранулятора кормоцеху є технічно обґрунтованим напрямом, оскільки якість гранули визначає стабільність годівлі, втрати корму, енерговитрати та продуктивність усього кормоприготувального відділення.

1.2. Світовий стан галузі кролівництва

Світове кролівництво розвивається нерівномірно. Основні обсяги виробництва сконцентровані в Азії та частково у країнах Європи, де існують сталі традиції споживання кролятини. За оцінками FAOSTAT, у 2021 р. у світі було забито близько 570 млн кролів і зайців, а виробництво м’яса становило приблизно 861,7 тис. т. Регіональна структура свідчить про домінування Азії: на неї припадало 69,3 % світового виробництва. Європа займала другу позицію з часткою 17,5 %, Африка – 11,4 %, а Латинська Америка – 1,8 %. Така структура пояснюється поєднанням масштабного виробництва в Китаї, традиційного споживання у країнах Середземномор’я та розвитком дрібнотоварного виробництва в окремих країнах Африки.

Таблиця 1.1 – Світове виробництво м’яса кролів і зайців за регіонами у 2021 р.

Регіон	Виробництво, т	Частка, %	Забито, тис. голів
Світ	861 739	100,0	572 120
Азія	597 147	69,3	378 380
Європа	150 773	17,5	98 746
ЄС-27	118 836	13,8	83 877
Африка	98 360	11,4	82 083
Латинська Америка	15 460	1,8	12 911

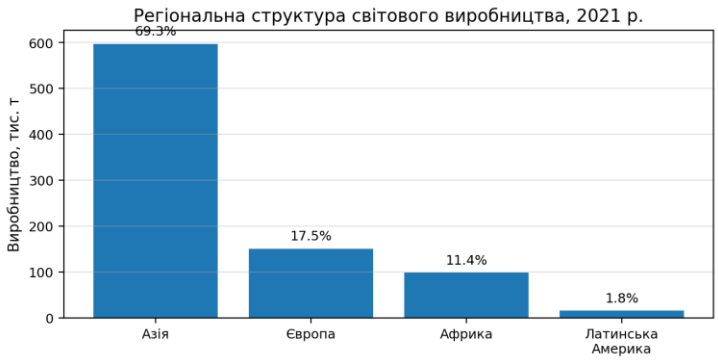


Рис. 1.1. Регіональна структура виробництва м’яса кролів і зайців у світі.

Динаміка виробництва має ознаки довгострокового скорочення після пікових значень середини 2010-х років. За узагальненими даними FAOSTAT, у 2010 р. світове виробництво становило 1,185 млн т, у 2020 р. – 899,7 тис. т, а в 2022 р. – 756,5 тис. т. Отже, галузь перебуває не у фазі глобального кількісного розширення, а у фазі структурної перебудови: зростає значення спеціалізації, стабільної якості, ветеринарної безпеки, технологічного контролю та логістики. Для ферм, що працюють у країнах з нестабільною ціною на корми й енергію, вирішальним стає підвищення технічної ефективності виробничих процесів.



Рис. 1.2. Динаміка світового виробництва м’яса кролів і зайців.

За країнами-виробниками лідером залишається Китай. У 2022 р. на Китай припадало 47,3 % світового виробництва, а три найбільші країни формували 76,1 % обсягу. У 2021 р. у статистиці виробництва м’яса кролів серед десяти провідних країн, крім Китаю, були КНДР, Єгипет, Франція, Алжир, Сьєрра-Леоне, Російська Федерація, Україна, Мексика та Перу. Водночас треба враховувати, що в різних міжнародних джерелах можуть використовуватися близькі, але не повністю однакові категорії обліку: окремо “м’ясо кролів” або

разом “м’ясо кролів і зайців”. Тому при порівнянні даних доцільно аналізувати не лише абсолютні значення, а й співвідношення між регіонами та тенденції.



Рис. 1.3. Провідні країни за виробництвом м’яса кролів у 2021 р.

У Європі виробництво концентрується насамперед у країнах із традиційним споживанням кролятини. Для ЄС характерні професійні ферми з високою питомою часткою кліткового утримання, спеціалізованими репродукторними фермами, інкубацією технологічних рішень у сфері добробуту тварин та переробки. За даними європейських оглядів, комерційне виробництво сконцентроване в Іспанії, Франції та Італії. На цих ринках вимоги до якості, простежуваності та умов утримання поступово зростають, що стимулює оновлення обладнання для годівлі, напування, мікроклімату і видалення гною.

Таблиця 1.2 – Основні тенденції світового кролівництва

Тенденція	Прояв у галузі	Вплив на технічні рішення ферми
Концентрація виробництва	Домінування Азії та обмежена група країн-лідерів	Потреба у стандартизації технології, високій продуктивності ліній годівлі та переробки
Скорочення світових обсягів після піку	Зниження виробництва у 2010–2022 рр.	Підвищення ролі енергоефективності, зменшення втрат корму та витрат праці
Підвищення вимог до добробуту	Перехід частини ринку до покращених кліток і групового утримання	Потреба в точнішому мікрокліматі, моніторингу поведінки та санітарії
Нішевий характер ринку	Попит залежить від культури споживання та каналів збуту	Доцільність виробництва стабільної якісної продукції з локальним брендом
Зростання цифровізації	Використання датчиків, камер, електр. обліку	Перехід від ручного контролю до керованих автоматизованих систем

1.3. Стан кролівництва в Україні

Українське кролівництво історично має переважно дрібнотоварний характер. Основна маса поголів’я зосереджена у господарствах населення, де тварин утримують для власного споживання або локального продажу. Така структура забезпечує широку географію галузі, але обмежує можливості стабільного ветеринарного контролю, механізації та формування великих партій однорідної продукції. Разом з тим промисловий сектор, хоча й займає невелику частку в загальному поголів’ї, має більші можливості для впровадження механізованих кліткових батарей, кормоцехів, автоматичного напування, вентиляції, обліку і переробки.

За даними, узагальненими у науковій літературі, на початок 2022 р. в Україні утримувалося 4,37 млн кролів у господарствах усіх категорій, а у 2021 р. виробництво кролятини у живій масі становило 21,4 тис. т. На той час близько 97,1 % поголів’я припадало на господарства населення, а сільськогосподарські підприємства утримували лише 2,9 %. Це свідчить, що галузь потребує не стільки екстенсивного збільшення поголів’я, скільки переходу до організованих виробничих систем із високою біобезпекою, керованою годівлею та прогнозованою якістю продукції.

Після 2022 р. на розвиток тваринництва загалом і кролівництва зокрема вплинули воєнні ризики, здорожчання кормів, енергоносіїв, ветеринарних препаратів і логістики. Проте дані 2025 р. показують відносну стабілізацію загального поголів’я. На 1 січня 2025 р. в Україні налічувалося 3,88 млн кролів, що лише на 0,3 % менше, ніж на відповідну дату 2024 р. Важливою позитивною ознакою є зростання промислового сектору: за 2024 р. підприємства збільшили поголів’я на 30,6 %, до 144,8 тис. голів. Це означає, що попри невелику частку промислових виробників, саме вони можуть стати центрами технологічної модернізації галузі.

Таблиця 1.3 – Ключові показники кролівництва України

Показник	Значення	Коментар
Поголів’я на 01.01.2022	4,37 млн голів	усі категорії господарств
Виробництво у 2021 р.	21,4 тис. т живої маси	включає господарства населення та підприємства
Частка господарств населення у 2022 р.	97,1 %	домінування дрібнотоварного виробництва
Поголів’я на 01.01.2025	3,88 млн голів	на 0,3 % менше, ніж на 01.01.2024
Господарства населення на 01.01.2025	3,73 млн голів	основна частина національного поголів’я
Промисловий сектор на 01.01.2025	144,8 тис. голів	зростання на 30,6 % за 2024 р.

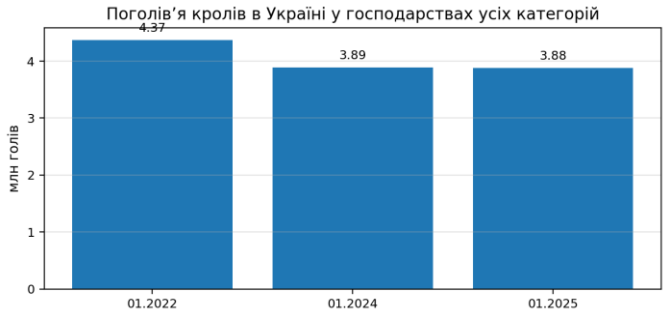


Рис. 1.4. Динаміка поголів’я кролів в Україні.



Рис. 1.5. Розподіл поголів’я між господарствами населення та підприємствами

Регіональна структура також має важливе значення для вибору місця розміщення ферми, кормоцеху, забійного пункту та каналів збуту. У 2025 р. за кількістю кролів у господарствах усіх категорій лідирували Київ. обл. – 577,1 тис. голів, Жит. обл. – 459,3 тис. голів та Од. обл. – 347,2 тис. голів. Сильні позиції Жит. є важливими для обґрунтування проектів у центрально-північному регіоні України, де поєднуються традиції присадибного кролівництва, наявність кормової бази та відносно зручна логістика до великих споживчих ринків.

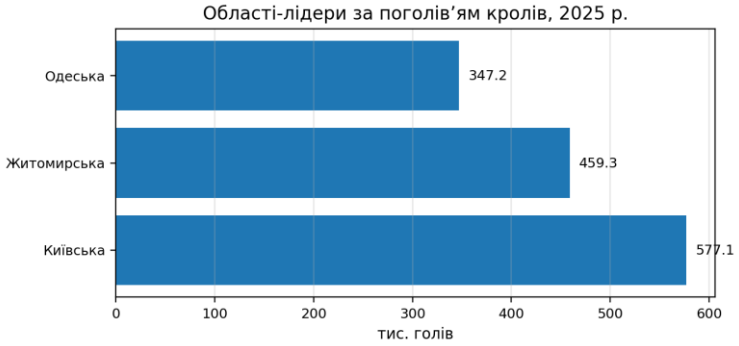


Рис. 1.6. Області-лідери України за поголів'ям кролів на 2025 р.

Основними проблемами українського кролівництва залишаються фрагментованість виробництва, нестабільність збуту, висока частка ручної праці, недостатня стандартизація годівлі та обмежений доступ малих виробників до сучасного обладнання. У присадибному секторі частіше застосовуються прості клітки, ручна роздача кормів, індивідуальне прибирання гною, природна або примусова вентиляція без автоматичного регулювання. Це підвищує трудомісткість і залежність результату від досвіду обслуговуючого персоналу. Для промислової ферми ключовим завданням є створення керованого виробничого середовища, у якому кожна операція повторюється з мінімальним відхиленням від заданих параметрів.

1.4. Рівень механізації виробничих процесів

Виробничий процес на фермі вирощування кролів складається з низки взаємопов'язаних операцій: заготівля та підготовка кормів, гранулювання, транспортування корму, дозована роздача, напування, підтримання мікроклімату, прибирання гною, санітарна обробка кліток, сортування і переміщення тварин, ветеринарні заходи, облік, забій і первинна переробка. Найбільшу частку поточних трудовитрат зазвичай формують годівля, прибирання, контроль стану тварин і технологічний облік. Тому саме ці процеси першочергово потребують механізації та автоматизації.

У малих господарствах механізація часто обмежується подрібнювачами кормів, простими кормороздавачами, поїлками та ручними візками. У фермерських і промислових системах доцільним є використання кормоцеху з

дробаркою, змішувачем, дозаторами, прес-гранулятором, транспортерами, бункерами готового корму, лініями автоматичного напування, вентиляторами з регулюванням продуктивності, системами освітлення та скребковими або транспортерними лініями видалення гною. Така схема дає змогу знизити ручну працю, забезпечити стабільні раціони та скоротити втрати корму.

Найбільш технологічно важливою ланкою є кормоцех. Для кролів гранульований комбікорм має бути достатньо міцним, однорідним за складом і придатним для автоматичної роздачі. Надмірна крихкість гранул призводить до накопичення пилу в годівницях, збільшення втрат і ризику респіраторного подразнення. Нестабільна геометрія гранул ускладнює роботу транспортерів та бункерів. Тому модернізація прес-гранулятора, зокрема матриці, системи подавання, кондиціонування та приводу, є одним із найбільш доцільних напрямів технічного вдосконалення ферми.

Таблиця 1.4 – Оцінка рівня механізації основних процесів кролеферми

Процес	Типовий стан у дрібних господарствах	Раціональний рівень для промислової ферми	Перспектива автоматизації/роботизації
Приготування кормів	ручне змішування, проста дробарка	кормоцех: дроблення, дозування, змішування, гранулювання	автоматичне дозування компонентів, контроль вологості, електронні рецепти
Роздача корму	ручне засипання у годівниці	бункерна або ланцюгово-шнекова подача гранул	дозована подача за групами, контроль споживання
Напування	ручне доливання або прості поїлки	ніпельна система з магістраллю та фільтрами	датчики витрати води, сигналізація про відхилення
Мікроклімат	природна вентиляція	вентилятори, опалення, регулювання вологості	датчики температури, вологості, CO_2/NH_3, автоматичні режими
Видалення гною	ручне очищення піддонів	скребкові або стрічкові транспортери	роботизовані візки для проходів, контроль накопичення відходів
Контроль тварин	візуальний огляд	регулярний огляд за технологічним графіком	камери, звук, вагові платформи, алгоритми раннього виявлення відхилень



Рис. 1.7. Узагальнена структура механізованої та цифрової кролеферми

Механізація не повинна розглядатися лише як заміна ручної праці машинами. Її головна мета – забезпечити повторюваність технологічних параметрів: однакову якість корму, стабільну норму роздачі, безперервне напування, контрольовану температуру і вологість, швидке видалення відходів. Якщо ці умови виконуються, зменшується стрес тварин, знижується ризик розладів травлення, поліпшується санітарний стан приміщень і підвищується передбачуваність виробничих результатів.

1.5. Автоматизація, цифровий моніторинг і можливості роботизації

Світове тваринництво переходить від простої механізації до цифрового керування процесами. Для кролівництва цей перехід поки що перебуває на початковій стадії, але наукові огляди з точного тваринництва зазначають, що розвиток датчиків, камер, аналізу звуку, електронних годівниць, акселерометрів і програмних алгоритмів може дати значні можливості саме для кролеферм. Найбільший потенціал має раннє виявлення захворювань, особливо розладів травлення у період відлучення, коли втрати молодняка можуть швидко поширюватися на всю групу.

Автоматизація ферми вирощування кролів може реалізовуватися поетапно. Перший етап – механізація повторюваних операцій: подача води,

роздача гранульованого корму, вентиляція, видалення гною. Другий етап – встановлення датчиків і контролерів: температура, відносна вологість, вміст аміаку або вуглекислого газу, витрата води, витрата корму, робота вентиляторів. Третій етап – цифровий облік технологічних груп, приростів, відтворення, ветеринарних обробок і витрат корму. Четвертий етап – інтелектуальна аналітика, коли система не лише фіксує показники, а й формує попередження про ризик перегріву, нестачі води, зниження споживання корму або підвищення активності тварин у нічний період.

Роботизація в кролівництві має бути вибірковою. На відміну від молочного скотарства, де вже поширені доїльні роботи, для кролеферм поки немає масового набору спеціалізованих роботів. Проте окремі рішення можуть бути адаптовані. Найбільш реалістичними є мобільні платформи для огляду проходів і кліткових батарей, роботизовані або напівавтоматичні системи очищення, автоматичні візки для транспортування корму чи тари, камери машинного зору для контролю активності та росту, а також маніпулятори для допоміжних операцій у переробному відділенні. Роботизація повинна впроваджуватися там, де операція є повторюваною, небажаною для людини з погляду санітарії або потребує цілодобового контролю.

Для проектованої ферми найбільш практичним є поєднання механізації кормоцеху з базовим цифровим контролем. Насамперед доцільно передбачити датчики температури і вологості в крільчатниках, облік витрати води та корму, контроль роботи вентиляції, а також журнал технологічних операцій. У кормоцеху перспективним є встановлення контролю вологості суміші перед гранулюванням, обліку енергоспоживання прес-гранулятора та фіксації фактичної продуктивності. Це дасть змогу не лише виробляти гранули потрібного діаметра, а й аналізувати, як рецептура, вологість і стан матриці впливають на продуктивність та якість корму.

Особливу увагу слід приділити взаємозв’язку між кормоцехом і автоматичною роздачею кормів. Якщо гранули мають нестабільну міцність або значну частку пилу, автоматизована лінія стає джерелом додаткових проблем:

можливе зависання корму у бункерах, нерівномірна подача, забивання годівниць і збільшення втрат. Тому модернізація прес-гранулятора має бути спрямована не тільки на збільшення продуктивності, а й на отримання гранул із параметрами, придатними для механізованого зберігання, транспортування і роздачі.

Таблиця 1.5 – Доцільність роботизації окремих процесів кролеферми

Операція	Технологічна доцільність	Очікуваний ефект	Обмеження впровадження
Огляд проходів і кліток мобільною платформою	висока для великих ферм	раннє виявлення несправностей, падежу, порушень мікроклімату	потреба в чистих проходах і надійній навігації
Роботизоване або автоматизоване прибирання гною	середня/висока	зменшення ручної праці та контакту з відходами	конструкція підлоги, вологість гною, вартість обладнання
Автоматична роздача гранул	висока	точне дозування, менші втрати корму, стабільна годівля	потрібна якісна гранула і надійні бункери
Комп'ютерний зір для контролю активності	перспективна	раннє виявлення стресу, хвороб, порушень поведінки	необхідність навчання алгоритмів на даних конкретної ферми
Автоматичне зважування груп	середня	кращий контроль приростів і строків реалізації	потреба в правильній організації переміщення тварин
Маніпулятори у забійному чи пакувальному відділенні	перспективна для великих підприємств	підвищення санітарності та продуктивності	висока вартість, вимоги до безпеки персоналу

Висновки за результатами аналізу галузі

Проведений аналіз свідчить, що кролівництво у світі є нішевою, але технологічно перспективною галуззю. Після пікових значень середини 2010-х років глобальні обсяги виробництва скоротилися, однак роль спеціалізованих ферм не зменшилася. Навпаки, більшого значення набувають стабільна годівля, якісний мікроклімат, ветеринарна безпека, добробут тварин і глибша переробка продукції. Найбільшими виробниками залишаються країни Азії, насамперед

Китай, а в Європі ринок орієнтується на якість, простежуваність та технологічну дисципліну.

В Україні кролівництво зберігає переважно присадибний характер, проте промисловий сектор демонструє позитивну динаміку. Основна частина поголів'я утримується у господарствах населення, однак саме промислові ферми здатні впроваджувати механізоване приготування кормів, автоматичне напування, регульовану вентиляцію, механізоване видалення гною та цифровий облік виробничих показників. Регіональна концентрація поголів'я в Київській, Житомирській та Одеській областях створює передумови для розвитку спеціалізованих ферм із сучасною організацією виробництва.

Для теми кваліфікаційної роботи це означає, що модернізація прес-гранулятора кормоцеху є обґрунтованим проектним рішенням. Якісне гранулювання забезпечує стабільну годівлю, зменшує втрати корму, полегшує механізовану роздачу, підвищує санітарність і створює технічну основу для подальшої автоматизації та цифрового моніторингу кролеферми.

РОЗДІЛ 2
ТЕХНОЛОГІЧНЕ ТА КОНСТРУКТОРСЬКЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОРМОЦЕХУ ФЕРМИ З ВИРОЩУВАННЯ КРОЛІВ

2.1. Обґрунтування системи годівлі кролів гранульованими кормами

Ефективність кролівницької ферми значною мірою визначається стабільністю годівлі, оскільки навіть короткочасне порушення поживності раціону швидко позначається на рості молодняка, молочності самок і відтворювальній здатності основного стада. Для промислового утримання доцільно застосовувати повнораціонні гранульовані комбікорми, які забезпечують однакове співвідношення поживних речовин у кожній порції та добре пристосовані до механізованої роздачі.

Під час інтенсивного вирощування найбільшу увагу слід приділяти забезпеченню тварин перетравним протеїном. Для сукрольних і лактуючих самок, а також для молодняка віком до чотирьох місяців його вміст у раціоні приймають на рівні 15...18 г на 100 г кормових одиниць. Для ремонтного молодняка достатньою вважається норма 13...16 г. Кількість клітковини також нормується диференційовано: для дорослих кролів у період спокою - 15...20 % повітряно-сухої маси корму, для самок у період лактації - 10...16 %, для молодняка, що росте, - 12...15 %.

Мінеральна частина раціону має підтримувати нормальний розвиток кістяка, репродуктивні функції та опірність організму. Орієнтовна потреба молодняка і лактуючих самок у кальції становить близько 1 % повітряно-сухої маси корму, а доза фосфору повинна становити 60...70 % від кількості кальцію. Молодняку віком 4...6 тижнів достатньо 0,3...0,4 % кальцію і приблизно 0,2 % фосфору.

Кухонну сіль додають у корм щоденно: молодняку - близько 0,5 г на голову, дорослим тваринам - 1...1,5 г, сукрольним самкам - 2 г, лактуючим - 2...2,5 г. Потреба у каротині залежить від віку та фізіологічного стану: молодняку 1...2 місяців необхідно приблизно 1,8 мг, 2...3 місяців - 2,1 мг, 3...5

місяців - 2,4 мг, 4...5 місяців - 2,7 мг на голову за добу. Для самців і самок у період спокою норма становить 1,2 мг, у період парування - 1,8 мг, для лактуючих самок - близько 3 мг на добу.

У кролятниках із клітковим утриманням, механізованим видаленням гною, вентиляцією та бункерною годівлею конструктивні рішення найкраще узгоджуються саме з використанням гранульованого корму. Для молодняка гранули можуть бути основним видом корму, а для основного стада та ремонтного молодняка їх доцільно поєднувати із сіном або зеленою масою залежно від сезону.

Таблиця 2.1 – Орієнтовні добові норми кормів для кролів різних технологічних груп, г на голову

Група тварин і період	Гранульований корм	Сіно	Зелена маса
Дорослі кролі у період спокою, літо	150...180	-	-
Дорослі кролі у період спокою, зима	150...180	-	-
Сукрольні самки, літо	220	-	190
Сукрольні самки, зима	220	73	-
Лактуючі самки, літо	700	-	667
Лактуючі самки, зима	700	233	-
Молодняк 90...120 днів, літо	200...260	-	-
Молодняк 90...120 днів, зима	200...260	-	-
Ремонтний молодняк, літо	170...200	-	176...350
Ремонтний молодняк, зима	170...200	67...130	-

Поживність кормів для подальших розрахунків приймають за середніми значеннями: 1 кг гранульованого комбікорму містить 0,8...0,9 кормової одиниці, 1 кг сіна - близько 0,45 кормової одиниці, 1 кг бобової трави - близько 0,17 кормової одиниці. У 100 г гранульованого корму в середньому міститься 14 г перетравного протеїну, у 100 г сіна - 4,8 г, у 100 г бобових трав – 3,1 г.

2.1.1. Рецептурний склад повнораціонного комбікорму

Для годівлі відлученого молодняка кролів віком від 35 до 135 днів у розрахунках прийнято повнораціонний комбікорм типу ПК-90-1. Його рецептура поєднує грубі, зернові, білкові та мінеральні компоненти, що дає змогу одержати збалансовану гранулу з достатнім умістом протеїну, клітковини, кальцію і фосфору.

Таблиця 2.2 – Базова рецептура повнораціонного комбікорму ПК-90-1

Компонент	Вміст, %
Трав’яне борошно	30
Овес мелений	19
Ячмінь мелений	19
Пшеничні висівки	15
Макуха або шрот	13
Рибне борошно	2
Дріжджі гідролізні	1
Кухонна сіль	0,5
Кісткове борошно	0,5

У 100 г такого комбікорму міститься близько 83,6 кормових одиниць, 13,2...14,1 г перетравного протеїну, 17,2 г сирого протеїну, 2,8...4,3 г сирого жиру, 10,8...11,5 г сирої клітковини, 0,96 г кальцію та 0,59 г фосфору. На одну тонну комбікорму передбачено введення вітамінно-мінеральних добавок: 3 млн МО вітаміну А, 80 тис. МО вітаміну D, 7,5 г вітаміну Е, 25 г вуглекислого марганцю, 100 г сірчанокислого заліза, 14 г вуглекислого цинку та 3 г вуглекислої міді.

Оскільки виробництво трав’яного борошна не в усіх господарствах організоване на належному рівні, а його собівартість порівняно висока, частину потреби в клітковині доцільно покривати за рахунок солом’яного борошна із зернових культур. Таке борошно можна одержувати на агрегаті АВМ-0,65 або шляхом тонкого подрібнення сухої соломи на кормодробарках типу ДКУ. Дослідні дані показують, що заміна 25...50 % трав’яного борошна солом’яним за умови збереження приблизно 15 % перетравного протеїну не погіршує інтенсивності росту молодняка.

Комбікорми із частковим уведенням солом’яного борошна мають орієнтовно 79...83 кормові одиниці, 14,7...14,8 г перетравного протеїну, 17,8...17,9 г сирого білка, 14,5...15,84 г сирої клітковини, 0,49...0,51 г фосфору, 0,32...0,35 г кальцію та 230...240 ккал обмінної енергії на 100 г корму.

Таблиця 2.3 – Варіанти рецептури гранульованого комбікорму з використанням солом'яного борошна

№	Інгредієнт	Рецепт 1, %	Рецепт 2, %
1	Трав'яне борошно	30	20
2	Солом'яне борошно	10	20
3	Овес мелений	16	14
4	Ячмінь мелений	16	14
5	Пшеничні висівки	9	9
6	Макуха, шрот	14	18
7	Рибне борошно	2	2
8	Дріжджі кормові	1	1
9	Кухонна сіль	0,5	0,5
10	Кісткове борошно	0,5	0,5
11	Премікс	1	1

2.2. Технологія підготовки кормосумішей і формування гранул

Практика інтенсивного кролівництва свідчить, що найкращі результати при вирощуванні кролів на м'ясо забезпечує годівля повнораціонними гранульованими комбікормами. Гранули можна завантажувати у місткі годівниці з інтервалом 7...10 днів, що помітно скорочує витрати праці на щоденне обслуговування тварин.

Гранульований корм зручний для транспортування, дозування і зберігання. За умови правильного висушування та охолодження він менше уражується токсичними грибами, а отже зменшує ризик шлунково-кишкових захворювань. Крім того, у гранулу рівномірно вводяться вітаміни, мікроелементи, профілактичні та ростостимулювальні добавки, які складно розподілити при роздільній роздачі кормів.

Якісний гранульований комбікорм повинен мати зелено-коричневий відтінок, запах свіжого сіна, зерна або макухи залежно від складу, рівну поверхню без тріщин і розшарування. Для кролів раціональними є гранули діаметром 3...5 мм і довжиною 7...10 мм. Допустима крихкість не повинна перевищувати 5...8 %, а вологість готового продукту - 14 %.

Технологічний процес виготовлення гранульованого корму включає такі послідовні операції: приймання та очищення сировини, подрібнення зернових компонентів, дозування інгредієнтів, змішування, кондиціонування кормової

суміші, пресування через матрицю, охолодження гранул, відсівання крихти та подачу готової продукції у бункери зберігання.

Перед пресуванням суміш необхідно довести до оптимального стану. При зволоженні водою вологість після кондиціонування підтримують у межах 15...17 %. За таких умов питома енергоємність пресування становить близько 24...25 кВт·год на 1 т гранул, крихкість готових гранул – орієнтовно 5,8 %, щільність – 1195...1230 кг/м^3, а витрата води – 60...80 кг на 1 т продукції.

Кондиціонування парою полегшує проходження суміші через матрицю і може зменшити витрати електроенергії. Оптимальним є тиск пари 2...3 кг/см^2. У цьому випадку питома енергоємність становить 22...23 кВт·год на 1 т гранул, крихкість – 4,7...5,5 %, щільність - 1220...1240 кг/м^3, а витрата пари – 50...100 кг на 1 т. Однак застосування пари потребує котельного господарства, тому для віддаленої ферми технологічно простішим є зволоження водою.

Для стабільного пресування частинки корму доцільно подрібнювати до розміру близько 0,5 мм, а зазор між пресувальними валками і матрицею встановлювати в межах 0,3...0,5 мм. Додавання зв’язувальних речовин підвищує міцність гранул і зменшує кількість крихти. Для повнораціонних кормів кролів орієнтовний питомий тиск пресування становить 500...550 кг/см2.

Лінію виробництва гранул доцільно комплектувати комбікормовим агрегатом ОКЦ-15 та прес-гранулятором ОГМ-0,8 або ОГМ-1,5, оснащеним матрицями з отворами 3...5 мм. Така схема дає можливість організувати годинну продуктивність близько 1 т гранул за умови належної підготовки сировини і стабільного дозування компонентів.

2.3. Розрахунок добової потреби в гранульованому кормі та продуктивності лінії

Розрахунок кормоцеху виконують за структурою поголів’я кролівницької ферми та максимальними нормами годівлі окремих груп. Для проектної схеми прийнято основне стадо, молодняк до відлучення, відлучений молодняк і ремонтних тварин. Найбільша добова норма для самки з приплодом до

відлучення становить 0,86 кг гранульованого корму, а для відлученого молодняка - 0,22 кг на голову.

Добова потреба ферми у гранульованому комбікормі визначається як сума витрат за основними розрахунковими групами:

$$Q_{доб} = 1500 \cdot 0,86 + 3400 \cdot 0,22 = 2038 \text{ кг}.$$

Отже, за добу ферма повинна одержувати приблизно 2,04 т гранульованого корму. Річна потреба становитиме:

$$Q_{річ} = 2038 \cdot 365 = 743870 \text{ кг} = 743,87 \text{ т}.$$

За прийнятою рецептурою з 20 % трав'яного борошна, 20 % солом'яного борошна, 14 % вівса, 14 % ячменю, 9 % висівок, 18 % макухи або шроту, 2 % рибного борошна, 1 % кормових дріжджів, 0,5 % солі, 0,5 % кісткового борошна і 1 % премікcу добова витрата компонентів матиме такі значення.

Таблиця 2.4 – Добова потреба в інгредієнтах для виробництва 2038 кг гранульованого комбікорму

Компонент	Частка, %	Добова витрата, кг
Трав'яне борошно	20	407,6
Солом'яне борошно	20	407,6
Овес мелений	14	285,3
Ячмінь мелений	14	285,3
Пшеничні висівки	9	183,4
Макуха або шрот	18	366,9
Рибне борошно	2	40,7
Дріжджі кормові	1	20,4
Кухонна сіль	0,5	10,2
Кісткове борошно	0,5	10,2
Премікс	1	20,4

Годинну продуктивність окремих потокових ліній визначають діленням добової потреби відповідного компонента на тривалість роботи лінії:

$$Q_{год} = Q_{доб} / T, \text{ кг/год}. \quad (2.1)$$

де $Q_{доб}$ – добова витрата конкретного компонента, кг; T – тривалість роботи лінії, год. Якщо лінія працює 5 год, годинні подачі основних компонентів становитимуть: трав'яне борошно – 81,52 кг/год; солом'яне борошно – 81,52 кг/год; овес мелений – 57,06 кг/год; ячмінь мелений – 57,06 кг/год. Такі значення є базою для вибору транспортних і дозувальних машин.

Таблиця 2.5 – Обладнання, передбачене для потокової лінії приготування гранул

Обладнання	Призначення	Продуктивність
ОГМ-0,8	Гранулювання кормової суміші	0,5 т/год
НГЦ-10	Вертикальне транспортування сировини	10 т/год
БДМ	Подрібнення зернової сировини	0,4 т/год
ВПГ-500	Зважування компонентів	0,5 т/год
ТСЦ-25	Ланцюгове транспортування	25 т/год
Стрічковий конвеєр	Горизонтальне переміщення вантажів	15 т/год
ТПЕ-10А	Пневмотранспортування борошнистих компонентів	10 т/год

2.4. Розрахунок бункерів і ресурсів для роботи кормоцеху

Бункерне господарство повинно забезпечувати безперервну роботу лінії та мати запас корму на випадок нерівномірного підвезення сировини. Місткість бункера для гранульованого корму визначають з урахуванням добової потреби, коефіцієнта запасу, об'ємної маси матеріалу та допустимого рівня наповнення:

$$V = K \cdot Q_{доб} / (\rho \cdot \beta). \quad (2.2)$$

де K = 1,5...2 - коефіцієнт запасу; $Q_{доб}$ – добова витрата корму; ρ - об'ємна маса гранул; β = 0,7...0,9 - коефіцієнт наповнення. За прийнятими у проекті даними місткість бункера для гранульованого корму становить 5,25 м3.

Тривалість роботи прес-гранулятора визначають за продуктивністю ОГМ-0,8 і коефіцієнтом використання робочого часу. При продуктивності 500 кг/год і коефіцієнті 0,8 одержуємо:

$$T = Q_{доб} / (Q_{год} \cdot \tau) = 2038 / (500 \cdot 0,8) = 5 \text{ год}. \quad (2.3)$$

За семигодинну зміну близько п'яти годин кормоцех працює на виготовлення гранульованого комбікорму для кролів. Решта часу може використовуватися для приготування розсипних сумішей для інших груп тварин. Якщо на цю операцію відводиться 2 год, добова кількість розсипного комбікорму становитиме:

$$Q_{доб.розс} = 2 \cdot 2000 \cdot 0,8 = 3200 \text{ кг}.$$

Для такої кількості розсипного комбікорму приймається бункер місткістю 10 м3. Місткість приймального бункера для зерна та продуктів його переробки за вантажопідйомності транспортного засобу 2000 кг, коефіцієнта наповнення 0,8 і щільності 600 кг/м3 дорівнює приблизно 4 м3.

Максимальний випуск гранульованого комбікорму за зміну при продуктивності гранулятора 0,5 т/год та тривалості роботи 7 год становить:

$$Q_{зм.max} = 0,5 \cdot 7 = 3,5 \text{ т.}$$

За кондиціонування водою питома витрата електроенергії на пресування дорівнює 24...25 кВт·год на 1 т гранул. Тоді добова потреба енергії для максимальної змінної продуктивності становитиме:

$$E_в = 25 \cdot 3,5 = 87,5 \text{ кВт·год/зміну.}$$

Для порівняння, при кондиціонуванні парою питома енергоємність зменшується до 22...23 кВт·год/т, тому:

$$E_п = 23 \cdot 3,5 = 80,5 \text{ кВт·год/зміну.}$$

Витрата води при нормі 80 кг на 1 т гранул дорівнює 280 л/зміну, а витрата пари при нормі 100 кг/т - 350 кг/зміну. Оскільки на території ферми не передбачена котельня, а кормоцех розташований відокремлено від інших виробничих приміщень, для даного проекту обрано кондиціонування кормової суміші водою.

2.5. Планувальне рішення кормоцеху та опис технологічного потоку

Комбікормовий цех гранульованих кормів проектується на базі агрегату ОКЦ-15 та прес-гранулятора ОГМ-0,8. Його розрахункова продуктивність становить 0,5 т/год або до 3,5 т гранул за зміну. Таке рішення дає можливість використовувати місцеву сировину - зерно, зернові відходи, трав’яне і солом’яне борошно - та завезені білково-вітамінно-мінеральні добавки.

Технологічна схема кормоцеху включає три основні потоки: завантаження бункерів зерновою та мінеральною сировиною, подачу трав’яного і солом’яного борошна у відповідний бункер, а також виробництво

гранульованого комбікорму з подальшим завантаженням готової продукції у бункери зберігання.

Сировина і готові збагачувальні добавки у розсипному вигляді доставляються вантажним автомобілем та розвантажуються у завальну яму. Із завальної ями матеріал норією НГЦ-10 подається до агрегату ОКЦ-15. У цьому агрегаті виконуються подрібнення зерна, накопичення компонентів, дозування, змішування і одержання розсипної кормосуміші.

Після змішування корм може направлятися на гранулятор ОГМ-0,8 або через норію НГЦ-10 безпосередньо у бункери готової розсипної продукції. Для завантаження трав'яного і солом'яного борошна застосовується пневмотранспортер ТПЕ-10А, який подає матеріал у циклон, після чого через шлюзовий затвор борошно надходить у бункер агрегату. Порошкоподібні вітаміни та мікроелементи вводяться тарілковим мікродозатором, а рідкі зв'язувальні добавки подаються безпосередньо до прес-гранулятора.

ОГМ-0,8 у проекті комплектується матрицею з отворами діаметром 5 мм. Для можливості одночасного виробництва гранульованих і розсипних комбікормів на вихідному шнеку агрегату ОКЦ-15 передбачається встановлення перемикального клапана, що спрямовує суміш або на пресування, або у бункер готової розсипної продукції.

2.6. Модернізація прес-гранулятора ОГМ-0,8

Основною конструктивною проблемою при використанні серійного гранулятора ОГМ-0,8 у кролівницькому кормоцеху є невідповідність стандартних матриць потребам годівлі кролів. У господарствах зазвичай надходять матриці з отворами діаметром 8, 10, 12 або 16 мм, тоді як для кролів необхідні гранули діаметром 3…5 мм. Тому модернізація спрямована на одержання стабільної гранули діаметром 5 мм без заміни всього пресувального вузла.

Перший варіант полягає у дообладнанні наявної матриці з отворами 16 мм спеціальними втулками з внутрішнім діаметром 5 мм. Втулки

виготовляються в умовах ремонтної майстерні та встановлюються у радіальному напрямку в отвори матриці. Такий підхід дає змогу використати наявну деталь, але кількість робочих каналів залишається обмеженою, тому продуктивність гранулятора знижується.

$$Q = (\pi \cdot d_0^2 / 4) \cdot l \cdot \rho \cdot k \cdot z \cdot i \cdot \beta \cdot \eta \cdot n \cdot 60. \quad (2.4)$$

де d_0 – діаметр отвору матриці, м; l – довжина гранули, м; ρ - щільність гранул, кг/м3; k – кількість пресувальних валків; z – кількість отворів у матриці; i = 0,7 – коефіцієнт заповнення отворів; β = 0,8...0,9 – коефіцієнт буксування; η = 0,2 - коефіцієнт використання корисного перерізу; n - частота обертання матриці, $хв^{-1}$.

$Q = 3,14 \cdot 0,005^2 / 4 \cdot 0,1 \cdot 1230 \cdot 2 \cdot 255 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,2 \cdot 228 \cdot 60 = 196,88$ кг/год.

Змінний випуск за 7 год роботи становитиме:

$$Q_{зм} = 196,88 \cdot 7 = 1378 \text{ кг}.$$

Оскільки добова потреба ферми у гранульованому кормі дорівнює 2038 кг, при використанні втулок кормоцех повинен працювати у дві зміни. У такому режимі випуск становитиме:

$$Q_{доб} = 1378 \cdot 2 = 2756 \text{ кг}.$$

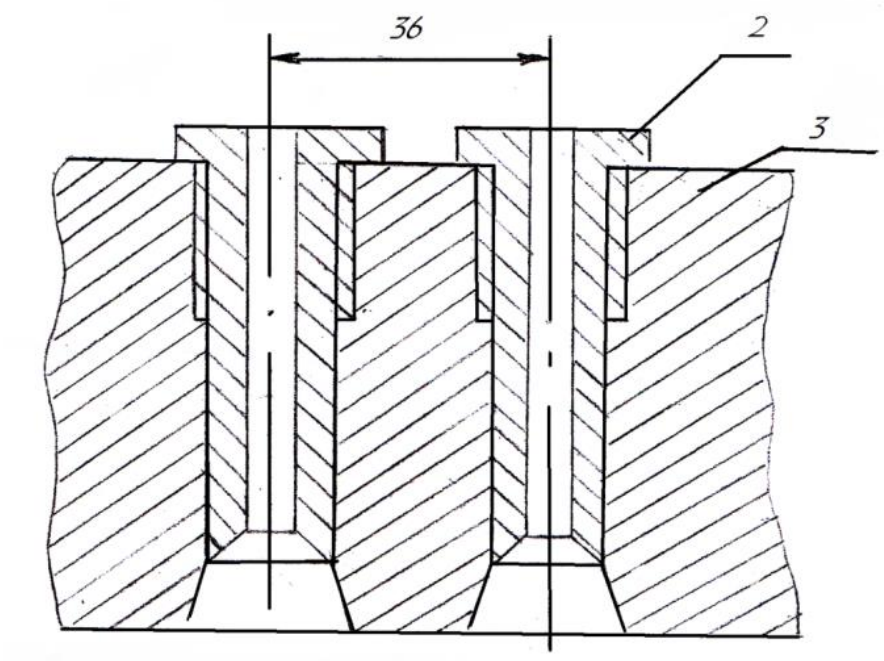


Рис. 2.1. Схема встановлення втулок у матрицю гранулятора

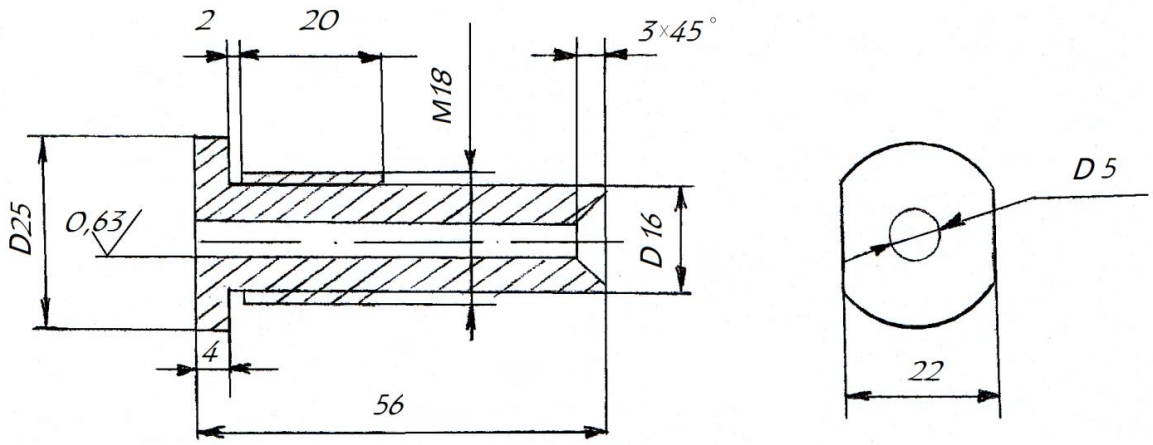


Рис. 2.2. Конструкція втулки для одержання гранул діаметром 5 мм

Другий, більш ефективний варіант модернізації передбачає виготовлення нової матриці з отворами діаметром 5 мм. За рахунок раціональнішого розміщення отворів коефіцієнт використання корисного перерізу матриці збільшується до 0,4, а кількість отворів досягає 2340. Це дозволяє підвищити продуктивність і забезпечити кращу відповідність гранул зоотехнічним вимогам.

Під час експлуатації матриця є однією з найбільш навантажених і дорогих деталей гранулятора. Її робоча поверхня поступово зношується до рівня бічних доріжок, після чого подальше пресування стає неефективним. Для збільшення ресурсу модернізованої матриці діаметр бічної доріжки прийнято 376 мм. Це створює можливість ремонтувати матрицю 3...4 рази, що підвищує строк її служби і зменшує витрати на експлуатацію кормоцеху.

2.6.1. Розрахунок продуктивності та основних розмірів матриці

Продуктивність матриці визначається масою гранул, яка продавлюється пресувальними роликами через отвори за один оберт. Якщо прийняти, що за один оберт через кожний отвір проходить одна порція матеріалу, маса гранул за оберт дорівнює:

$$q_{об} = (\pi \cdot d0^2 / 4) \cdot l \cdot \rho \cdot k \cdot z \cdot i. \quad (2.5)$$

де d_0 - діаметр отвору матриці, м; l – довжина гранули, м; $\rho = 1230$ кг/м^3 – щільність гранули у момент пресування; $k = 2$ – кількість пресувальних валків; $z = 2340$ – кількість отворів у матриці; $i = 0,1$ – коефіцієнт заповнення отворів.

$$q_{об} = 3,14 \cdot 0,005^2 / 4 \cdot 0,01 \cdot 1230 \cdot 2 \cdot 2340 \cdot 0,1 = 0,118 \text{ кг/об.}$$

Годинну продуктивність прес-гранулятора з обертовою матрицею визначають за формулою:

$$Q = q_{об} \cdot \beta \cdot \eta \cdot n \cdot 60. \quad (2.6)$$

де β = 0,8...0,9 – коефіцієнт буксування; η = 0,41 – коефіцієнт використання робочого перерізу матриці; n = 228 хв-1 - частота обертання матриці.

$$Q = 0,118 \cdot 0,8 \cdot 0,41 \cdot 228 \cdot 60 = 532 \text{ кг/год.}$$

Отримане значення відповідає проектній продуктивності лінії 0,5 т/год і дозволяє забезпечити ферму гранульованими кормами в межах однієї зміни.

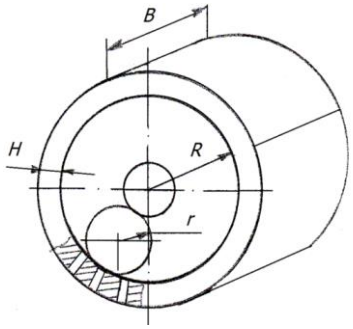


Рис. 2.3. Основні параметри матриці: H – товщина, B – ширина, r – радіус пресувального ролика, R – радіус матриці

Взаємне розміщення пресувального ролика і матриці зручно описувати відношенням:

$$\lambda = r / R.$$

Значення λ вибирають з урахуванням конструкції преса, умов захоплення матеріалу і рівномірності його ущільнення в зоні контакту ролика з матрицею.

Таблиця 2.6 – Орієнтовні значення коефіцієнта λ

Показник	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
λ	0,45	0,40	0,35

За радіуса пресувального ролика 78 мм і прийнятого значення λ = 0,45 радіус матриці становить:

$$R = r / \lambda = 78 / 0,45 = 175 \text{ мм.}$$

Матриці прес-грануляторів виготовляють із хромонікелевої сталі, тому вони належать до найбільш вартісних змінних деталей. Для зменшення опору

пресуванню, поліпшення захоплення суміші і рівномірнішого ущільнення матеріалу на вході в отвори доцільно передбачати конічні або параболічні передкамери.

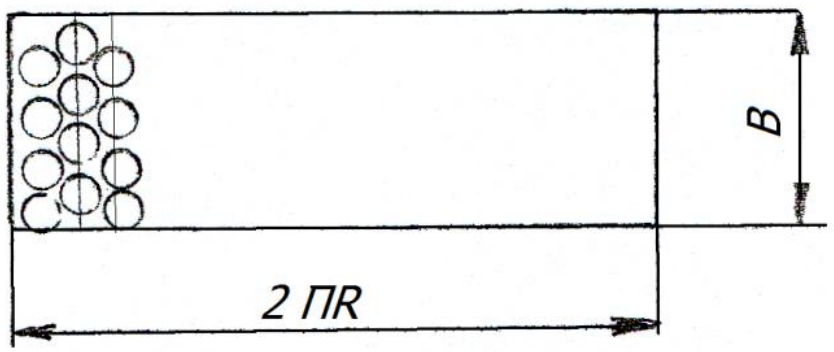


Рис. 2.4. Розвертка внутрішньої поверхні матриці

Ширину матриці визначають із умови розміщення необхідної кількості отворів на розвертці внутрішньої поверхні. Для цього використовують співвідношення між площею всіх отворів і площею робочої поверхні матриці:

$$F = 2\pi RB; \quad F_{отв} / F = \eta.$$

де $F_{отв}$ – сумарна площа перерізів отворів; $\eta = 0{,}4$ – коефіцієнт використання корисного перерізу. Звідси ширина матриці дорівнює:

$$B = F_{отв} / (2\pi R \cdot \eta) = 100 \text{ мм}. \qquad (2.7)$$

Отже, прийняті розміри матриці забезпечують потрібну кількість каналів діаметром 5 мм, необхідну продуктивність гранулятора і можливість подальшого відновлення робочої поверхні.

Процес гранулювання складається з кількох взаємопов’язаних етапів: кондиціонування суміші, пресування в отворах матриці, відрізання гранул, охолодження та сортування. Тому, крім власне матриці і роликів, лінія повинна мати допоміжні механізми для дозування сухих і рідких компонентів, подачі суміші у прес і видалення крихти після охолодження.

Через складність точного аналітичного визначення потрібної потужності приводу для гранулятора остаточний вибір електродвигуна доцільно уточнювати за аналогією з діючими установками.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики грануляторів серії ОГМ

Установка	Продуктивність, кг/год	Потужність двигуна, кВт
ОГМ-0,8	800...1200	45
ОГМ-1,5	1500...1800	75

2.6.2. Розрахунок подаючого шнека і вибір електродвигуна

Подавач прес-гранулятора складається з корпусу, консольного шнека з конічною гвинтовою навивкою, електродвигуна та клинопасової передачі з передаточним відношенням 4. Натяг пасів забезпечується переміщенням плити, на якій установлено електродвигун. Шнек кріпиться на дверцятах гранулятора і з'єднується з фланцем корпусу болтами.

Продуктивність шнекового дозатора розраховують за виразом:

$$Q = 0{,}42 \cdot 10\text{-}3 \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot s \cdot \omega \cdot \gamma \cdot \varphi, \text{ кг/с.} \quad (2.8)$$

де D – зовнішній діаметр шнека, м; d – внутрішній діаметр, м; s - крок шнека, м; ω - кутова швидкість, $с^{-1}$; γ – щільність кормової суміші, кг/м3; φ = 0,8...1,0 - коефіцієнт заповнення міжвиткового простору.

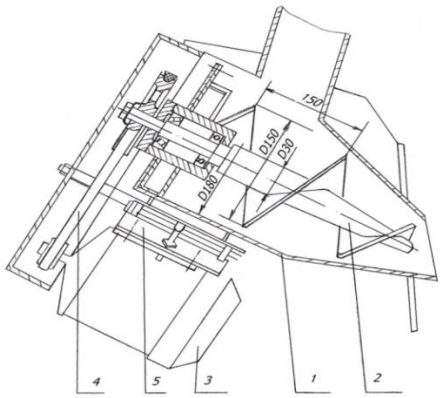


Рис. 2.5. Схема подаючого шнека прес-гранулятора.

$Q = 0{,}42 \cdot 10\text{-}3 \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}15^2 - 0{,}03^2) \cdot 0{,}15 \cdot 187 \cdot 600 \cdot 0{,}8 = 0{,}384$ кг/с.

Потужність, необхідна для приводу шнека, визначається за формулою:

$$N = 9{,}81 \cdot Q \cdot (Z_з \cdot K + H) \cdot K_2 / \eta, \text{ Вт.} \quad (2.9)$$

де $Z_з$ – горизонтальна проекція шляху переміщення корму, м; K = 1,2...2,5 – коефіцієнт опору руху корму в корпусі дозатора; H – висота підйому корму, м; K2 = 1,1...1,2 – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в підшипниках; η - коефіцієнт корисної дії приводу.

$$N = 9{,}81 \cdot 0{,}384 \cdot (0{,}35 \cdot 2{,}5 + 0{,}015) \cdot 1{,}2 / 0{,}3 = 111{,}6 \text{ Вт.}$$

Оскільки розрахункова потужність невелика, але в реальних умовах можливі пускові перевантаження, нерівномірна подача суміші та ущільнення матеріалу, електродвигун обирають із запасом. Для приводу подаючого шнека приймається електродвигун типу АОС2-21-4 з номінальною потужністю 1,3 кВт і частотою обертання вала 1500 хв-1. Такий двигун забезпечує необхідний запас потужності та відповідає умовам роботи дозатора.

Висновки по розділу

У розділі обґрунтовано застосування повнораціонних гранульованих комбікормів для механізованої ферми з вирощування кролів, визначено орієнтовні раціони та склад кормових сумішей. Розрахована добова потреба ферми у гранульованому кормі становить 2038 кг, а річна - 743,87 т. Для забезпечення цієї потреби доцільно використовувати кормоцех на базі агрегату ОКЦ-15 та прес-гранулятора ОГМ-0,8.

Визначено тривалість роботи лінії, потребу в бункерах, електроенергії та воді для кондиціонування суміші. Прийнято, що за відсутності котельні найдоцільніше використовувати зволоження водою. Модернізацію гранулятора запропоновано виконати шляхом створення матриці з отворами діаметром 5 мм, що відповідає вимогам годівлі кролів. Розрахункова продуктивність модернізованої матриці становить 532 кг/год, що забезпечує роботу кормоцеху в межах однієї зміни.

РОЗДІЛ 3
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1. Вихідні умови та мета розрахунку

Техніко-економічне обґрунтування виконується для визначення доцільності модернізації прес-гранулятора кормоцеху кролівницької ферми. Проектне рішення спрямоване на отримання повнораціонного гранульованого комбікорму власного виробництва з діаметром гранул 5 мм, підвищення продуктивності лінії, зменшення втрат корму у вигляді крихти та скорочення трудомісткості обслуговування обладнання.

Для кролівницької ферми якість кормів має прямий вплив на собівартість продукції, тому модернізація кормоцеху розглядається як один із ключових резервів економії. Найбільші втрати у базовому варіанті пов’язані з нестабільним завантаженням преса, використанням матриць, не повністю пристосованих до технологічних потреб кролів, збільшенням частки дрібної фракції та частими регулюваннями робочих органів.

Розрахунок має проектний характер. Ціни на матеріали, електроенергію, оплату праці та ремонт прийнято як розрахункові, тобто вони можуть уточнюватися під час впровадження проекту в конкретному господарстві. Вихідним технологічним показником є добова потреба ферми у гранульованому кормі 2038 кг.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для економічного обґрунтування

Показник	Позначення	Одиниця	Значення
Добова потреба у гранульованому кормі	$Q_д$	кг/добу	2038
Річний обсяг виробництва гранул	$Q_р$	т/рік	743,9
Продуктивність після модернізації	$W_п$	т/год	0,50
Коефіцієнт використання часу	$К_в$	-	0,85
Розрахункова ціна електроенергії	$Ц_е$	грн/кВт·год	8,0
Розрахункова ціна кормової сировини	$Ц_с$	грн/т	10450

$$Q_р = Q_д \times 365 / 1000 = 2038 \times 365 / 1000 = 743,9 \text{ т/рік.}$$

За продуктивності 0,50 т/год добова потреба ферми у гранулах може бути виготовлена приблизно за 4,8 год з урахуванням коефіцієнта використання

часу. Це дає змогу організувати роботу кормоцеху в одну зміну та залишити резерв для технічного обслуговування, очищення обладнання і виготовлення інших кормових сумішей.

3.2. Економічна сутність проектних рішень

Проектом передбачено застосування модернізованої матриці з отворами 5 мм, удосконалення шнекового подавача, встановлення вузла дозованого зволоження суміші та елементів контролю роботи прес-гранулятора. Матриця з малим діаметром отворів краще відповідає вимогам годівлі кролів, а збільшення корисного перерізу робочої поверхні забезпечує стабільніше проходження суміші крізь пресувальні канали.

Економічний результат модернізації формується за рахунок чотирьох основних чинників: зменшення крихкості гранул, зниження трудомісткості обслуговування, скорочення енергетичних витрат і збільшення ресурсу матриці. Додатковим позитивним наслідком є підвищення технологічної дисципліни у кормоцеху, оскільки оператор отримує стабільніші режими подачі та пресування.

У базовому варіанті частка крихти може досягати 8 %, а після модернізації очікується її зменшення приблизно до 5 %. Для річного обсягу 743,9 т різниця у 3 % означає понад 22 т кормової маси, яка не потребуватиме повторного перероблення або не буде втрачатися під час транспортування і роздавання.

3.3. Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення включають витрати на основні вузли модернізації, монтажні роботи та резерв непередбачених витрат. Оскільки проект реалізується на базі діючого кормоцеху, будівництво нового приміщення та придбання повної лінії гранулювання не враховуються. Це зменшує інвестиційне навантаження і прискорює окупність проекту.

$$К_{заг} = К_м + К_ш + К_з + К_а + К_{мон} + К_р. \quad (3.1)$$

Таблиця 3.2 – Капітальні вкладення у модернізацію прес-гранулятора

№	Стаття витрат	Призначення	Вартість, тис. грн
1	Матриця 5 мм і комплект роликів	Формування гранул потрібного діаметра	140,0
2	Модернізація шнекового подавача	Рівномірна подача суміші	40,0
3	Вузол зволоження і дозування	Стабілізація пресування	50,0
4	Датчики, щит керування, електромонтаж	Елементи автоматизації	60,0
5	Переобладнання бункерів і транспортерів	Ув’язка з існуючою лінією	40,0
6	Монтаж, випробування та налагодження	Введення в експлуатацію	60,0
7	Резерв непередбачених витрат	Близько 7 %	30,0
	Разом		420,0

Загальна величина капітальних вкладень становить 420 тис. грн. Найбільшу частку займає виготовлення модернізованої матриці та комплекту робочих роликів, оскільки саме ці елементи визначають продуктивність, якість гранул і ресурс прес-гранулятора.

3.4. Собівартість виробництва гранульованого корму

Собівартість виготовлення гранульованого корму включає вартість сировини, електроенергії, води для зволоження, оплату праці, амортизацію, технічне обслуговування та загальновиробничі витрати. Найбільшу питому вагу має кормова сировина, тому основний резерв економії полягає не у здешевленні самого процесу пресування, а у зменшенні втрат уже підготовленої кормової суміші.

Орієнтовна собівартість 1 т гранульованого комбікорму після модернізації становить 11563 грн/т. У базовому варіанті собівартість технологічної операції є вищою через більшу частку крихти, повторне перероблення частини суміші, більшу потребу в ручному контролі та вищі витрати на ремонт матриці.

Таблиця 3.3 – Орієнтовна собівартість виробництва 1 т гранульованого корму

Стаття витрат	Норма	Ціна	Витрати, грн/т	Питома вага, %
Кормова сировина	1,0 т	10450 грн/т	10450	90,4
Електроенергія	23 кВт·год/т	8,0 грн/кВт·год	184	1,6
Вода для зволоження	0,07 м³/т	45 грн/м³	3	0,0
Оплата праці з нарахуваннями	1 оператор	-	565	4,9
ТО і ремонт	5 % від $К_{заг}$	-	28	0,2
Амортизація модернізації	5 років	-	113	1,0
Загальновиробничі витрати	-	-	220	1,9
Разом			11563	100,0

3.5. Річний економічний ефект і строк окупності

Річний економічний ефект від модернізації визначається як сума економії за основними напрямами з урахуванням додаткових річних витрат на амортизацію та технічне обслуговування. Для розрахунку прийнято, що за рахунок підвищення продуктивності та стабільності роботи лінії умовно скорочується потреба в одному працівнику кормоцеху.

$$Е_р = Е_п + Е_к + Е_е + Е_{рм} + Е_{ін}.$$

Таблиця 3.4 – Розрахунок річного економічного ефекту

Джерело ефекту	Методика розрахунку	Значення	Ефект, тис. грн/рік
Скорочення трудових витрат	1 працівник × 20 тис. грн/міс × 12 × 1,22	292,8	292,8
Зменшення втрат корму	743,9 т × 3 % × 11563 грн/т	258,9	258,9
Економія електроенергії	743,9 т × 2 кВт·год/т × 8 грн	11,9	11,9
Зменшення ремонтних витрат	Підвищення ремонтопридатності матриці	75,0	75,0
Інші організаційні ефекти	Зменшення простоїв	4,0	4,0
Разом валовий ефект			642,6
Додаткові річні витрати	Амортизація + ТО і ремонт		105,0
Чистий річний економічний ефект			537,6

$$Т_{ок} = К_{заг} / Е_ч = 420,0 / 537,6 = 0,78 \text{ року}.$$

$$Е_к = Е_ч / К_{заг} = 537,6 / 420,0 = 1,28.$$

Строк окупності модернізації становить 0,78 року, тобто капітальні вкладення повертаються менш ніж за один рік роботи кормоцеху. Коефіцієнт економічної ефективності 1,28 означає, що кожна гривня вкладень забезпечує близько 1,28 грн чистого річного ефекту. Такий результат є достатнім для визнання проектного рішення економічно доцільним.

Таблиця 3.5 – Основні техніко-економічні показники проекту

Показник	Одиниця	Базовий варіант	Проектний варіант
Річний обсяг виробництва гранул	т/рік	743,9	743,9
Продуктивність гранулювання	т/год	0,35–0,40	0,50
Крихкість гранул	%	до 8	близько 5
Питомі витрати електроенергії	кВт·год/т	25	23
Потреба в операторах кормоцеху	осіб	2	1
Капітальні вкладення	тис. грн	-	420,0
Чистий річний економічний ефект	тис. грн/рік	-	537,6
Строк окупності	року	-	0,78

Висновки по розділу

У розділі обґрунтовано економічну доцільність модернізації прес-гранулятора кормоцеху кролівницької ферми. Встановлено, що при добовій потребі 2038 кг гранульованого корму річний обсяг виробництва становить 743,9 т. За такого обсягу навіть незначне зменшення крихкості гранул, енерговитрат і трудомісткості забезпечує відчутний економічний результат.

Загальна сума капітальних вкладень становить 420 тис. грн, а чистий річний економічний ефект – 537,6 тис. грн. Строк окупності проекту дорівнює 0,78 року. Отже, запропоноване удосконалення є технічно обґрунтованим і економічно ефективним, а його впровадження дозволить знизити собівартість кормоприготування, підвищити надійність роботи кормоцеху та стабільність забезпечення кролів повнораціонними гранульованими кормами.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності виробничих процесів на фермі з вирощування кролів шляхом удосконалення рівня механізації кормоприготування та модернізації прес-гранулятора для кормоцеху. Актуальність обраної теми зумовлена тим, що у сучасному кролівництві значна частина витрат припадає на годівлю, обслуговування поголів'я, приготування та роздавання кормів. Тому впровадження раціональних технологічних рішень, використання гранульованих комбікормів і підвищення продуктивності кормоцеху є важливими умовами стабільного розвитку галузі.

У першому розділі було проаналізовано сучасний стан кролівництва у світі та в Україні. Встановлено, що в багатьох країнах кролівництво розвивається як перспективний напрям м'ясного тваринництва, оскільки м'ясо кролів має високу харчову цінність, добрі дієтичні властивості та користується попитом серед споживачів. В Україні галузь має значний потенціал, однак її розвиток стримується недостатнім рівнем промислового виробництва, високою часткою дрібних господарств, обмеженим використанням сучасного обладнання та нестабільністю ринку кормів і продукції. Показано, що подальше зростання ефективності кролівництва можливе за рахунок механізації основних виробничих процесів, автоматизації годівлі, напування, вентиляції, прибирання гною та контролю мікроклімату.

У другому розділі було обґрунтовано технологічний процес приготування кормових сумішей і гранул для кролівницької ферми. Встановлено, що використання повнораціонних гранульованих комбікормів дозволяє покращити поїдання корму, зменшити його втрати, підвищити рівномірність надходження поживних речовин до організму тварин і скоротити витрати праці на годівлю. Для забезпечення ферми якісними гранулами запропоновано використання технологічної лінії кормоцеху на базі комбікормового агрегату та прес-гранулятора. Проведено розрахунок потреби у гранульованих кормах, підібрано

основне технологічне обладнання, визначено місткість бункерів, витрати електроенергії, води та інші параметри роботи кормоцеху.

Особливу увагу в роботі приділено модернізації прес-гранулятора. Запропоноване конструктивне рішення передбачає використання матриці з отворами діаметром 5 мм, що відповідає вимогам до гранульованих кормів для кролів. Такий підхід дозволяє отримувати гранули оптимального розміру, підвищити якість готової продукції та забезпечити кращу придатність корму для різних вікових груп тварин. Удосконалення матриці також спрямоване на підвищення її ремонтопридатності та збільшення строку експлуатації, що має важливе значення для зменшення витрат на обслуговування обладнання.

У третьому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованих проектних рішень. Доведено, що модернізація кормоцеху та прес-гранулятора є економічно доцільною, оскільки дає змогу зменшити витрати на придбання готових комбікормів, ефективніше використовувати місцеву кормову сировину, скоротити трудомісткість виробничих операцій і підвищити продуктивність праці. Впровадження механізованої лінії приготування гранульованих кормів сприяє стабільному забезпеченню поголів’я якісними кормами, зменшує залежність господарства від зовнішніх постачальників і створює умови для більш ритмічної роботи ферми.

Отже, у результаті виконання кваліфікаційної роботи було обґрунтовано комплекс проектних рішень, спрямованих на підвищення ефективності функціонування кролівницької ферми. Запропонована модернізація прес-гранулятора для кормоцеху має практичне значення, оскільки забезпечує виробництво якісних гранульованих кормів безпосередньо в умовах господарства. Це дозволяє поліпшити організацію годівлі кролів, зменшити експлуатаційні витрати, підвищити рівень механізації виробничих процесів і створити передумови для подальшої автоматизації та роботизації окремих операцій на фермі. Результати роботи можуть бути використані під час проектування, реконструкції або технічного переоснащення кролівницьких ферм різної виробничої потужності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖРЕЛ

1. Пабат В. О., Вінничук Д. Т., Гончаренко І. В., Агій В. М. Кролівництво з основами генетики та розведення : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2018. 164 с.

2. Бала В. І., Донченко Т. А., Безпалий І. Ф., Карченков А. А. Технологія виробництва продукції кролівництва та звірівництва : підручник. Вінниця : Нова Книга, 2009. 272 с.

3. Бойко О. В., Уманець Р. М., Гончар О. Ф., Зламанюк Л. М., Уманець Д. П. Технологія виробництва продукції кролівництва та звірівництва : навч. посіб. Київ : НУБіП України, 2024. 488 с.

4. Ведмеденко О. В., Корбич Н. М., Пелих Н. Л., Любенко О. І. Технологія виробництва продукції кролівництва та звірівництва. Практикум : навч. посіб. Кропивницький : ХДАЕУ, 2024. 332 с.

5. Бащенко М. І., Гончар О. Ф., Шевченко Є. А. Кролівництво : монографія. Чорнобай : ЧКПП, 2017. 305 с.

6. Технологія виробництва продукції тваринництва : підручник / О. Т. Бусенко та ін. ; за ред. О. Т. Бусенка. Київ : Агроосвіта, 2013. 492 с.

7. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва : навч. посіб. Ч. 1. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.

8. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. Машини та обладнання для тваринництва : підручник. Київ : Кондор, 2009. 731 с.

9. Братішко В. В., Ткаченко Т. В., Неживий О. М. Машини і обладнання для тваринництва : підручник. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2019. 412 с.

10. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

11. Онищенко Л. В. Технологія виробництва продукції кролівництва та звірівництва : метод. рек. до практичних занять. Миколаїв : МНАУ, 2023. 58 с.

12. Державна служба статистики України. Тваринництво України, 2022 : статистичний збірник. Київ : Держстат України, 2025. URL: https://stat.gov.ua/uk (дата звернення: 20.06.2026).

13. Державна служба статистики України. Сільське господарство України, 2022 : статистичний збірник. Київ : Держстат України, 2025. URL: https://stat.gov.ua/uk (дата звернення: 20.06.2026).

14. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Офіційний вебпортал. URL: https://minagro.gov.ua/ (дата звернення: 20.06.2026).

15. FAO. FAOSTAT: Food and agriculture data. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: https://www.fao.org/faostat/en/ (accessed: 20.06.2026).

16. Lebas F., Coudert P., de Rochambeau H., Thébault R. G. The Rabbit: Husbandry, Health and Production. Rome : FAO, 1997. 205 p. URL: https://www.fao.org/4/t1690e/t1690e.pdf (accessed: 20.06.2026).

17. FAO. The Rabbit Meat Market. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: https://www.fao.org/4/x5082e/X5082E04.htm (accessed: 20.06.2026).

18. Compassion in World Farming. Rabbit Meat Production – Global Review 2024. Godalming : Compassion in World Farming, 2024. URL: https://www.compassioninfoodbusiness.com/media/7458150/rabbit-production-global-review-2024.pdf (accessed: 20.06.2026).

19. De Blas C., Wiseman J. Nutrition of the Rabbit. 3rd ed. Wallingford : CABI, 2020. 368 p. DOI: https://doi.org/10.1079/9781789241273.0000.

20. Gidenne T. Recent advances in rabbit nutrition: emphasis on fibre requirements. A review. World Rabbit Science. 2000. Vol. 8, No. 1. P. 23–32. URL: https://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/view/414 (accessed: 20.06.2026).

21. Gidenne T., Lebas F., Fortun-Lamothe L. Feeding behaviour of rabbits. Nutrition of the Rabbit / ed. by C. de Blas, J. Wiseman. Wallingford : CABI, 2020. P. 233–252. DOI: https://doi.org/10.1079/9781845936693.0233.

22. Norton T., Cambra-López M. Challenges and opportunities for precision livestock farming applications in the rabbit production sector. World Rabbit Science. 2025. Vol. 33, No. 2. P. 127–138. DOI: https://doi.org/10.4995/wrs.2025.22701.

23. Mora M., Riaboff L., David I., Sánchez J. P., Piles M. Classifying active and inactive states of growing rabbits from accelerometer data using machine learning algorithms. 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2407.04729 (accessed: 20.06.2026).

24. EURCAW-Poultry-SFA. Farm rabbits' welfare in different husbandry systems, gaps of knowledge and recommendations. Maisons-Alfort : European Union Reference Centre for Animal Welfare Poultry SFA, 2021. URL: https://sitesv2.anses.fr/en/system/files/EURCAW-Poultry-SFA-DL.3.1.2-Rabbits%20review.pdf (accessed: 20.06.2026).

25. FEDIAF. Nutritional Guidelines for Feeding Pet Rabbits. Brussels : European Pet Food Industry Federation, 2024. URL: https://europeanpetfood.org/wp-content/uploads/2025/03/FEDIAF-Nutritional-Guidelines-for-Feeding-Pet-Rabbits-online-version.pdf (accessed: 20.06.2026).

26. Lukefahr S. D. Rabbit project development strategies in subsistence farming systems. Rome : FAO. URL: https://www.fao.org/4/u5700t/u5700t0d.htm (accessed: 20.06.2026).

27. Cheeke P. R. Rabbit Feeding and Nutrition. Orlando : Academic Press, 1987. 380 p.

28. Commercial Rabbit Production. Mississippi State University Extension Service. Mississippi State, 2009. URL: https://www.poultry.msstate.edu/pdf/extension/rabbit_production.pdf (accessed: 20.06.2026).